Übung 8 Elektrisches Feld
Kondensator, Kapazität, Potential

Lernziele

- verstehen, was ein Kondensator ist.
- einen Kondensator als Ladungs- und Energiespeicher verstehen.
- wissen, wie die Kapazität eines Kondensators definiert ist.
- die Beziehung zwischen Ladung, Kapazität und Spannung bei einem Kondensator kennen und anwenden können.
- verstehen, wie sich bei einem Plattenkondensator die gespeicherte Ladung, die Spannung über den Kondensatorplatten, die Kapazität und die elektrische Feldstärke zwischen den Kondensatorplatten verändert, wenn man den Abstand der Kondensatorplatten verändert.
- verstehen, wie sich bei einem Plattenkondensator die gespeicherte Ladung, die Spannung über den Kondensatorplatten, die Kapazität und die elektrische Feldstärke zwischen den Kondensatorplatten verändert, wenn man ein Dielektrikum zwischen die Kondensatorplatten einführt.
- den Verlauf des elektrischen Potentials in einem elektrischen Stromkreis verstehen.
- den Verlauf des elektrischen Potentials in einem elektrischen Feld ausserhalb eines Stromkreises verstehen.
- verstehen, dass das elektrische Potential auf einer elektrischen Feldfläche konstant ist.
- den Zusammenhang zwischen elektrischer Feldstärke und Spannung in einem homogenen elektrischen Feld kennen und in einfacheren Problemstellungen anwenden können.
- den zeitlichen Verlauf von Ladungsstrom und Spannung beim Auf- bzw. Entladen eines Kondensators über ein Widerstandselement kennen und verstehen.
- mit dem Computerprogramm VENSIM ein einfaches systemdynamisches Modell erstellen können, das ein experimentell bestimmtes Verhalten eines dynamischen Systems beschreibt.
- die Grösse "Zeitkonstante" kennen und deren Bedeutung verstehen.
- eine neue Problemstellung bearbeiten können.

Aufgaben

1. An einem aufgeladenen Plattenkondensator werden die folgenden beiden Experimente durchgeführt (vgl. Experimente im Unterricht):

   A Der Plattenabstand d wird vergrössert.
   Beobachtung: Die Spannung U zwischen den Kondensatorplatten wird grösser.

   B Eine Platte aus Plexiglas oder Hartgummi wird zwischen die Kondensatorplatten eingeführt.
   Beobachtung: Die Spannung U zwischen den Kondensatorplatten wird kleiner.

   Beurteilen Sie, ob bzw. wie sich in den beiden Experimenten A und B ...

   a) ... die im Kondensator gespeicherte Ladung Q verändert.

   b) ... die Kapazität C des Kondensators verändert.

   c) ... der Betrag der elektrischen Feldstärke E zwischen den Kondensatorplatten verändert.

2. Ein aufgeladener Plattenkondensator sei mit einer Spannungsquelle verbunden, d.h. die Spannung U zwischen den Kondensatorplatten werde ständig auf einem konstanten Wert gehalten.

   Nun werden die gleichen Experimente ausgeführt wie bei der Aufgabe 1:

   A Der Plattenabstand d wird vergrössert.

   B Eine Platte aus Plexiglas oder Hartgummi wird zwischen die Kondensatorplatten eingeführt.

   Beurteilen Sie, ob bzw. wie sich in den beiden Experimenten A und B ...

   a) ... die Kapazität C des Kondensators verändert.

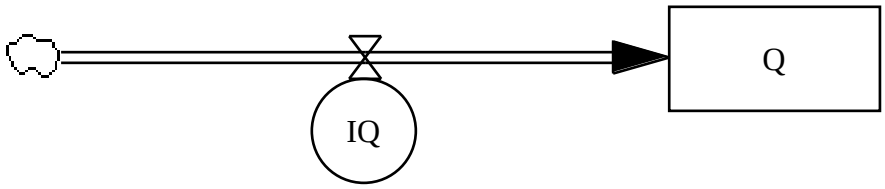
   b) ... die im Kondensator gespeicherte Ladung Q verändert.

   c) ... der Betrag der elektrischen Feldstärke E zwischen den Kondensatorplatten verändert.

3. Studieren Sie im Buch KPK 1 die folgenden Abschnitte:
   - 1.16 Der Plattenkondensator - die Kapazität (Seiten 27 bis 29)
   - 1.17 Flächen konstanten Potenzials (Seiten 29 bis 31)
   - 1.18 Spielereien mit dem Kondensator (Seiten 31 und 32)

4. Das **Auf- und Entladen eines Kondensators** (Kapazität C) über ein Widerstandselement (Widerstand R) kann mit VENSIM modelliert werden.

   Kern des Modelles ist die Bilanz der im Kondensator gespeicherten Ladung Q:



   a) Bauen Sie mit VENSIM ein Modell, mit welchem das **Aufladen** des Kondensators simuliert werden kann.

      Gehen Sie dabei von der abgebildeten Bilanz der gespeicherten Ladung Q aus, und verwenden Sie die elektrischen Grundgesetze (Maschensatz, Widerstandsgesetz, Kapazitätsgesetz).

      Stellen Sie die Spannung U_C über dem Kondensator sowie den Ladungsstrom I_Q grafisch dar.

      Vegleichen Sie den simulierten zeitlichen Verlauf von von U_C und I_Q mit dem experimentell ermittelten Verlauf.

      Beurteilen Sie den Einfluss des Widerstandes R und der Kapazität C auf den zeitlichen Verlauf von U_C und I_Q.

      Verdoppeln Sie R und halbieren Sie C.
      - Wie hat sich der zeitliche Verlauf von U_C und I_Q verändert?
      - Was für einen Schluss können Sie aus dieser Beobachtung schliessen?

   b) Verändern Sie das in a) erstellte Modell so, dass das **Entladen** des Kondensators simuliert werden kann.

      Vergleichen Sie wiederum mit dem Experiment, und beurteilen Sie wieder den Einfluss des Widerstandes R und der Kapazität C auf den zeitlichen Verlauf von U_C und I_Q.

   c) Modellieren Sie das Auf- bzw. Entladen zweier seriell geschalteter Kondensatoren unterschiedlicher Kapazitäten über ein Widerstandselement.

5. Studieren Sie das Java-Applet "Aufladen/Entladen eines Kondensators". Sie finden einen Link auf das Applet unter:
   http://telecom.tlab.ch/~borer → Physik → Unterlagen (...)

6. Beim Entladen eines Kondensators der Kapazität C über ein Widerstandselement des Widersandes R ist der zeitliche Verlauf der Spannung U_C über dem Kondensator bzw. des elektrischen Ladungsstromes I_Q im Stromkreis gegeben durch die folgenden Beziehungen (ohne Herleitung):

$$U_C(t) = U_0 \, e^{-(1/RC)t} \qquad (1)$$

$$I_Q(t) = -\frac{U_0}{R} \, e^{-(1/RC)t} \qquad (2)$$

(Fortsetzung auf Seite 3)

a) * Leiten Sie die beiden Beziehungen (1) und (2) her.

Hinweise:
- Gehen Sie wie in der Aufgabe 4a) von den elektrischen Grundgesetzen aus (Maschensatz, Widerstandsgesetz, Kapazitätsgesetz).
- Leiten Sie daraus eine Differentialgleichung für U_C bzw. I_Q her.
- Lösen Sie die Differentialgleichung nach U_C bzw. I_Q auf.

b) Das Produkt $\tau := RC$ ist die sogenannte **Zeitkonstante**.

Beurteilen Sie mit schlüssiger Begründung, ob die folgende Aussage über die Zeitkonstante τ wahr oder falsch ist:

"Die Zeitkonstande τ gibt an, wie lange es dauern würde, bis der Kondensator vollständig entladen wäre, wenn die elektrische Ladungsstromstärke ihren anfänglichen Wert beibehielte."

Lösungen

1. A a) Q bleibt gleich.
   b) C wird kleiner.
   c) E bleibt gleich.

   B a) Q bleibt gleich.
   b) C wird grösser.
   c) E wird kleiner.

2. A a) C wird kleiner.
   b) Q wird kleiner.
   c) E wird kleiner.

   B a) C wird grösser.
   b) Q wird grösser.
   c) E bleibt gleich.

3. ...

   Lösungen zu den Aufgaben siehe kopiertes Blatt

4. a) Ein VENSIM-Muster-File "Auf-/Entladen eines Kondensators (kond.mdl)" finden Sie im Internet unter:
   http://telecom.tlab.ch/~borer → Physik → Unterlagen (...)

   Für den zeitlichen Verlauf von U_C und I_Q ist das Produkt R·C massgebend. Bei einer Verdoppelung von R und einer Halbierung von C bleibt der zeitliche Verlauf von U_C und I_Q unverändert.

   b) wie a)

   c) Ein VENSIM-Muster-File "Auf-/Entladen zweier serieller Kondensatoren (kondser.mdl)" finden Sie im Internet unter:
   http://telecom.tlab.ch/~borer → Physik → Unterlagen (...)

5. ...

6. a) * ...

   b) wahr